

Nízkonákladové miniatúrne didaktické prostriedky  
pre pedagogický proces a výskum automatického riadenia  
na štandardizovaných mikroradičových platformách

Inauguračná prednáška

doc. Ing. Gergely Takács, PhD.



Ústav automatizácie,  
merania a  
aplikovanej informatiky



# Motivácia: Počítače sú všade okolo nás...

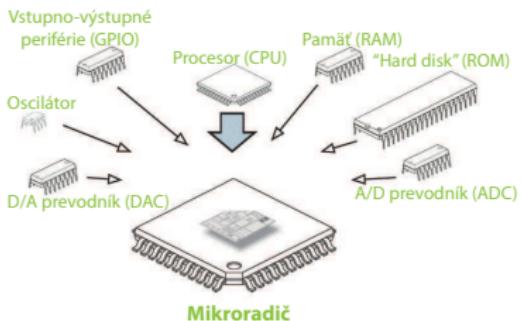


- Skryté počítače: inzulínové pumpy, pračky, autá, termostaty, atď.
- Mikroradič je miniatúrny počítač hlboko vnorený do strojov
- 1999 BMW 7-series 65 ks<sup>1</sup> mikroradičov, dnes luxusné autá okolo 150 ks mikroradičov a 100 000 riadkov programu [O'Donnell 2016]
- Lacné, malé, nízka spotreba; ale pamäťovo a rýchlosťne obmedzené
- Pedagogický pohľad: Implementácia algoritmov spätnoväzobného riadenia na mikroradiče vyžaduje špeciálne techniky a metódy



<sup>1</sup><http://www.break-ic.com/topics/break-microcontroller.asp>

- Skryté počítače: inzulínové pumpy, pračky, autá, termostaty, atď.
- Mikroradič je miniatúrny počítač hlboko vnorený do strojov
- 1999 BMW 7-series 65 ks<sup>1</sup> mikroradičov, dnes luxusné autá okolo 150 ks mikroradičov a 100 000 riadkov programu [O'Donnell 2016]
- Lacné, malé, nízka spotreba; ale pamäťovo a rýchlosťne obmedzené
- Pedagogický pohľad: Implementácia algoritmov spätnoväzobného riadenia na mikroradiče vyžaduje špeciálne techniky a metódy



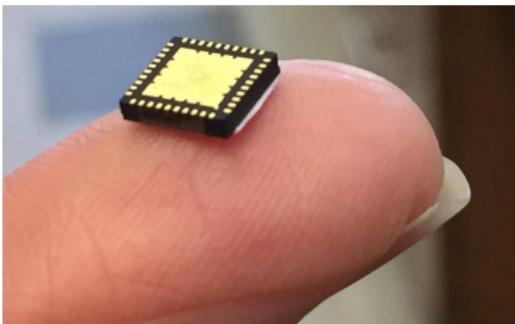
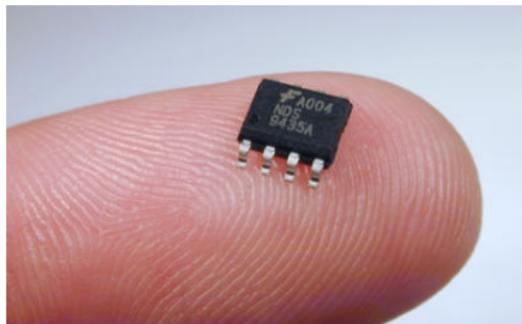
<sup>1</sup><http://www.break-ic.com/topics/break-microcontroller.asp>

- Skryté počítače: inzulínové pumpy, pračky, autá, termostaty, atď.
- Mikroradič je miniatúrny počítač hlboko vnorený do strojov
- 1999 BMW 7-series 65 ks<sup>1</sup> mikroradičov, dnes luxusné autá okolo 150 ks mikroradičov a 100 000 riadkov programu [O'Donnell 2016]
- Lacné, malé, nízka spotreba; ale pamäťovo a rýchlosťne obmedzené
- Pedagogický pohľad: Implementácia algoritmov spätnoväzobného riadenia na mikroradiče vyžaduje špeciálne techniky a metódy



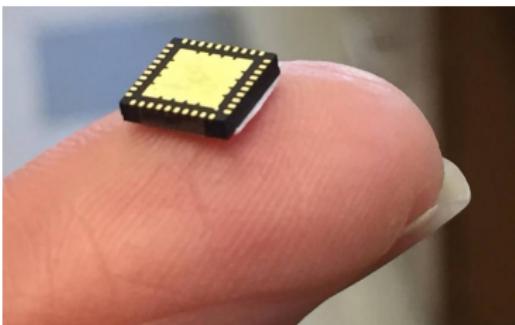
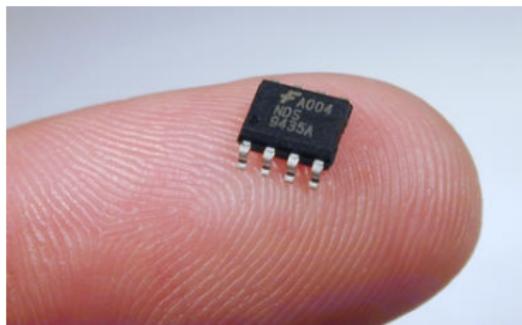
<sup>1</sup><http://www.break-ic.com/topics/break-microcontroller.asp>

- Skryté počítače: inzulínové pumpy, pračky, autá, termostaty, atď.
- Mikroradič je miniatúrny počítač hlboko vnorený do strojov
- 1999 BMW 7-series 65 ks<sup>1</sup> mikroradičov, dnes luxusné autá okolo 150 ks mikroradičov a 100 000 riadkov programu [O'Donnell 2016]
- Lacné, malé, nízka spotreba; ale pamäťovo a rýchlosťne obmedzené
- Pedagogický pohľad: Implementácia algoritmov spätnoväzobného riadenia na mikroradiče vyžaduje špeciálne techniky a metódy



<sup>1</sup><http://www.break-ic.com/topics/break-microcontroller.asp>

- Skryté počítače: inzulínové pumpy, pračky, autá, termostaty, atď.
- Mikroradič je miniatúrny počítač hlboko vnorený do strojov
- 1999 BMW 7-series 65 ks<sup>1</sup> mikroradičov, dnes luxusné autá okolo 150 ks mikroradičov a 100 000 riadkov programu [O'Donnell 2016]
- Lacné, malé, nízka spotreba; ale pamäťovo a rýchlosťne obmedzené
- Pedagogický pohľad: Implementácia algoritmov spätnoväzobného riadenia na mikroradiče vyžaduje špeciálne techniky a metódy



<sup>1</sup><http://www.break-ic.com/topics/break-microcontroller.asp>

- Pedagogika a výskum automatizácie vyžaduje prístroje na testovanie algoritmov spätnoväzobného riadenia [Bye a kol. 2019]
- Komerčné prístroje sú extrémne nákladné, delikátne; študenti si ich nemôžu vypožičať na zadania, semestrálne a záverečné projekty
- Potrebujú príslušenstvo a komerčný softvér (e.g. MATLAB, LabView)
- Predpokladajú PC implementáciu, vnorené riadenie je zanedbané



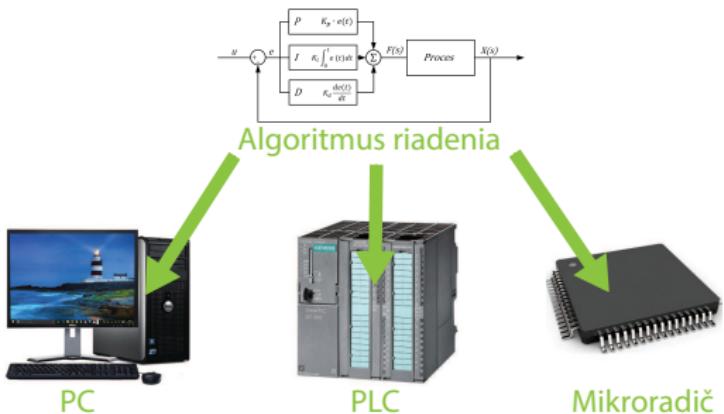
- Pedagogika a výskum automatizácie vyžaduje prístroje na testovanie algoritmov spätnoväzobného riadenia [Bye a kol. 2019]
- Komerčné prístroje sú extrémne nákladné, delikátne; študenti si ich nemôžu vypožičať na zadania, semestrálne a záverečné projekty
- Potrebujú príslušenstvo a komerčný softvér (e.g. MATLAB, LabView)
- Predpokladajú PC implementáciu, vnorené riadenie je zanedbané



- Pedagogika a výskum automatizácie vyžaduje prístroje na testovanie algoritmov spätnoväzobného riadenia [Bye a kol. 2019]
- Komerčné prístroje sú extrémne nákladné, delikátne; študenti si ich nemôžu vypožičať na zadania, semestrálne a záverečné projekty
- Potrebujú príslušenstvo a komerčný softvér (e.g. MATLAB, LabView)
- Predpokladajú PC implementáciu, vnorené riadenie je zanedbané



- Pedagogika a výskum automatizácie vyžaduje prístroje na testovanie algoritmov spätnoväzobného riadenia [Bye a kol. 2019]
- Komerčné prístroje sú extrémne nákladné, delikátne; študenti si ich nemôžu vypozičať na zadania, semestrálne a záverečné projekty
- Potrebujú príslušenstvo a komerčný softvér (e.g. MATLAB, LabView)
- Predpokladajú PC implementáciu, vnorené riadenie je zanedbané



- Vývojové platformy mikropočítačovej techniky “Arduino” sú dnes bežne využívané aj vo výučbe aj vo výskume (c.f. [Oravec a kol. 2016; Omar 2018; Uyanik a kol. 2018; Kalúz a kol. 2018] )
- Otvorený (open-source) HW a SW, bezplatný softvér, lacné
- Elektronické rozhranie je štandardizované a vzájomne kompatibilné
- Hardvér je rozšíriteľný cez tzv. štíty (shields) [Garrigós a kol. 2017]



Arduino Uno



Arduino Zero

- Vývojové platformy mikropočítačovej techniky "Arduino" sú dnes bežne využívané aj vo výučbe aj vo výskume (c.f. [Oravec a kol. 2016; Omar 2018; Uyanik a kol. 2018; Kalúz a kol. 2018] )
- Otvorený (open-source) HW a SW, bezplatný softvér, lacné
- Elektronické rozhranie je štandardizované a vzájomne kompatibilné
- Hardvér je rozšíriteľný cez tzv. štíty (shields) [Garrigós a kol. 2017]

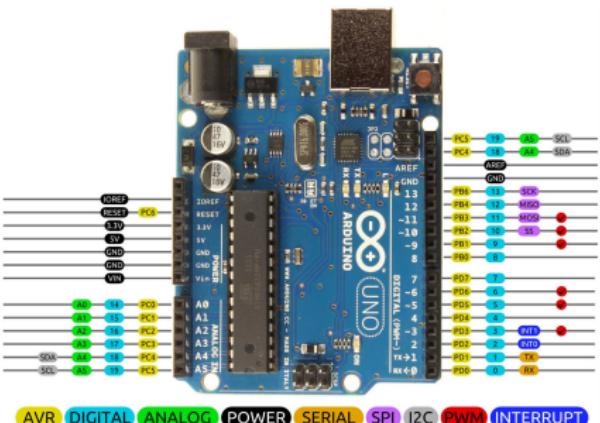


Logo Open Source Hardware hnutia OSHWA



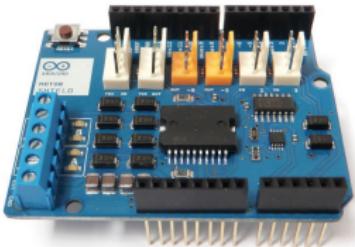
Arduino IDE (vývojové prostredie)

- Vývojové platformy mikropočítačovej techniky “Arduino” sú dnes bežne využívané aj vo výučbe aj vo výskume (c.f. [Oravec a kol. 2016; Omar 2018; Uyanik a kol. 2018; Kalúz a kol. 2018] )
- Otvorený (open-source) HW a SW, bezplatný softvér, lacné
- Elektronické rozhranie je štandardizované a vzájomne kompatibilné
- Hardvér je rozšíriteľný cez tzv. štíty (shields) [Garrigós a kol. 2017]



Elektronické rozhranie štandardu “Arduino R3”

- Vývojové platformy mikropočítačovej techniky “Arduino” sú dnes bežne využívané aj vo výučbe aj vo výskume (c.f. [Oravec a kol. 2016; Omar 2018; Uyanik a kol. 2018; Kalúz a kol. 2018] )
- Otvorený (open-source) HW a SW, bezplatný softvér, lacné
- Elektronické rozhranie je štandardizované a vzájomne kompatibilné
- Hardvér je rozšíriteľný cez tzv. štíty (shields) [Garrigós a kol. 2017]



Motor Shield na pripojenie rôznych motorov



Ethernet Shield na pripojenie k Internetu

## Koncepcia novej triedy laboratórnych prístrojov automatického riadenia [Takács, Gulan a kol. 2019; Takács, Konkoly a kol. 2019] :

- **“Laboratórium na dlani”** — Miniaturizácia spätnoväzobných experimentov, integrácia na Arduino rozširujúci modul (tzv. štít)
- **Otvorený hardvér** — stiahnutelné elektronické schémy, plošné spoje do výroby, zoznam súčiastok, 3D modely
- **Cena a jednoduchosť** — Lacné vyhotovenie, univerzálne dostupné súčiastky, 3D tlačené mechanické časti
- **Otvorený softvér** — stiahnutelná knižnica programátorského prostredia pre rôzne softvérové platformy
- **Otvorený učebný materiál** — príklady na identifikáciu a spätnoväzobné riadenie
- **Študentská aktivita** — zapojenie študentov do výskumu cez záverečné práce a predmetové projekty, c.f.: **Takács, Gulan a kol. 2019; Takács, Konkoly a kol. 2019; Takács, Chmurčiak a kol. 2020; G.Takács a kol. 2020; Konkoly 2018; Mihalík 2018**, etc.

Koncepcia novej triedy laboratórnych prístrojov automatického riadenia  
[Takács, Gulan a kol. 2019; Takács, Konkoly a kol. 2019] :

- **“Laboratórium na dlani”** — Miniaturizácia spätnoväzobných experimentov, integrácia na Arduino rozširujúci modul (tzv. štít)
- **Otvorený hardvér** — stiahnutelné elektronické schémy, plošné spoje do výroby, zoznam súčiastok, 3D modely
- **Cena a jednoduchosť** — Lacné vyhotovenie, univerzálne dostupné súčiastky, 3D tlačené mechanické časti
- **Otvorený softvér** — stiahnutelná knižnica programátorského prostredia pre rôzne softvérové platformy
- **Otvorený učebný materiál** — príklady na identifikáciu a spätnoväzobné riadenie
- **Študentská aktivita** — zapojenie študentov do výskumu cez záverečné práce a predmetové projekty, c.f.: Takács, Gulan a kol. 2019; Takács, Konkoly a kol. 2019; Takács, Chmurčiak a kol. 2020; G.Takács a kol. 2020; Konkoly 2018; Mihalík 2018, etc.

Koncepcia novej triedy laboratórnych prístrojov automatického riadenia  
[Takács, Gulan a kol. 2019; Takács, Konkoly a kol. 2019] :

- **“Laboratórium na dlani”** — Miniaturizácia spätnoväzobných experimentov, integrácia na Arduino rozširujúci modul (tzv. štít)
- **Otvorený hardvér** — stiahnutelné elektronické schémy, plošné spoje do výroby, zoznam súčiastok, 3D modely
- **Cena a jednoduchosť** — Lacné vyhotovenie, univerzálne dostupné súčiastky, 3D tlačené mechanické časti
- **Otvorený softvér** — stiahnutelná knižnica programátorského prostredia pre rôzne softvérové platformy
- **Otvorený učebný materiál** — príklady na identifikáciu a spätnoväzobné riadenie
- **Študentská aktivita** — zapojenie študentov do výskumu cez záverečné práce a predmetové projekty, c.f.: Takács, Gulan a kol. 2019; Takács, Konkoly a kol. 2019; Takács, Chmurčiak a kol. 2020; G.Takács a kol. 2020; Konkoly 2018; Mihalík 2018, etc.

Koncepcia novej triedy laboratórnych prístrojov automatického riadenia  
[Takács, Gulan a kol. 2019; Takács, Konkoly a kol. 2019] :

- **“Laboratórium na dlani”** — Miniaturizácia spätnoväzobných experimentov, integrácia na Arduino rozširujúci modul (tzv. štít)
- **Otvorený hardvér** — stiahnutelné elektronické schémy, plošné spoje do výroby, zoznam súčiastok, 3D modely
- **Cena a jednoduchosť** — Lacné vyhotovenie, univerzálne dostupné súčiastky, 3D tlačené mechanické časti
- **Otvorený softvér** — stiahnutelná knižnica programátorského prostredia pre rôzne softvérové platformy
- **Otvorený učebný materiál** — príklady na identifikáciu a spätnoväzobné riadenie
- **Študentská aktivita** — zapojenie študentov do výskumu cez záverečné práce a predmetové projekty, c.f.: Takács, Gulan a kol. 2019; Takács, Konkoly a kol. 2019; Takács, Chmurčiak a kol. 2020; G.Takács a kol. 2020; Konkoly 2018; Mihalík 2018, etc.

Koncepcia novej triedy laboratórnych prístrojov automatického riadenia  
[Takács, Gulan a kol. 2019; Takács, Konkoly a kol. 2019] :

- **“Laboratórium na dlani”** — Miniaturizácia spätnoväzobných experimentov, integrácia na Arduino rozširujúci modul (tzv. štít)
- **Otvorený hardvér** — stiahnutelné elektronické schémy, plošné spoje do výroby, zoznam súčiastok, 3D modely
- **Cena a jednoduchosť** — Lacné vyhotovenie, univerzálne dostupné súčiastky, 3D tlačené mechanické časti
- **Otvorený softvér** — stiahnutelná knižnica programátorského prostredia pre rôzne softvérové platformy
- **Otvorený učebný materiál** — príklady na identifikáciu a spätnoväzobné riadenie
- **Študentská aktivita** — zapojenie študentov do výskumu cez záverečné práce a predmetové projekty, c.f.: Takács, Gulan a kol. 2019; Takács, Konkoly a kol. 2019; Takács, Chmurčiak a kol. 2020; G.Takács a kol. 2020; Konkoly 2018; Mihalík 2018, etc.

Koncepcia novej triedy laboratórnych prístrojov automatického riadenia  
[Takács, Gulan a kol. 2019; Takács, Konkoly a kol. 2019] :

- **“Laboratórium na dlani”** — Miniaturizácia spätnoväzobných experimentov, integrácia na Arduino rozširujúci modul (tzv. štít)
- **Otvorený hardvér** — stiahnutelné elektronické schémy, plošné spoje do výroby, zoznam súčiastok, 3D modely
- **Cena a jednoduchosť** — Lacné vyhotovenie, univerzálne dostupné súčiastky, 3D tlačené mechanické časti
- **Otvorený softvér** — stiahnutelná knižnica programátorského prostredia pre rôzne softvérové platformy
- **Otvorený učebný materiál** — príklady na identifikáciu a spätnoväzobné riadenie
- **Študentská aktivita** — zapojenie študentov do výskumu cez záverečné práce a predmetové projekty, c.f.: Takács, Gulan a kol. 2019; Takács, Konkoly a kol. 2019; Takács, Chmurčiak a kol. 2020; G.Takács a kol. 2020; Konkoly 2018; Mihalík 2018, etc.

Koncepcia novej triedy laboratórnych prístrojov automatického riadenia  
[Takács, Gulan a kol. 2019; Takács, Konkoly a kol. 2019] :

- **“Laboratórium na dlani”** — Miniaturizácia spätnoväzobných experimentov, integrácia na Arduino rozširujúci modul (tzv. štít)
- **Otvorený hardvér** — stiahnutelné elektronické schémy, plošné spoje do výroby, zoznam súčiastok, 3D modely
- **Cena a jednoduchosť** — Lacné vyhotovenie, univerzálne dostupné súčiastky, 3D tlačené mechanické časti
- **Otvorený softvér** — stiahnutelná knižnica programátorského prostredia pre rôzne softvérové platformy
- **Otvorený učebný materiál** — príklady na identifikáciu a spätnoväzobné riadenie
- **Študentská aktivita** — zapojenie študentov do výskumu cez záverečné práce a predmetové projekty, c.f.: **Takács, Gulan a kol. 2019; Takács, Konkoly a kol. 2019; Takács, Chmurčiak a kol. 2020; G.Takács a kol. 2020; Konkoly 2018; Mihalík 2018, etc.**

AutomationShield ([www.automationshield.com](http://www.automationshield.com)) je kolaboratívna nekomerčná snaha vytvoriť otvorené laboratórne pomôcky pre spätnoväzobné riadenie pre mikroradičové prototypizačné dosky s voľným softvérom a príkladmi.



# AutomationShield

Control Systems Engineering Education

# AutomationShield: Laboratórium na dlani I

Súčasnosti:

e.g. Oh a kol. 2019



Komerčný prístroj Quanser Magnetic  
Levitation ~ 25 000 EUR.

AutomationShield  
G.Takács a kol. 2020



MagnetoShield ~ 20 EUR.

Súčasnosti:

c.f. Chołodowicz a kol. 2017



Štandardná laboratórna zostava na vzdušnú  
levitáciu loptičky (cca. 2 m vysoká).

AutomationShield

Takács, Chmurčiak a kol. 2020

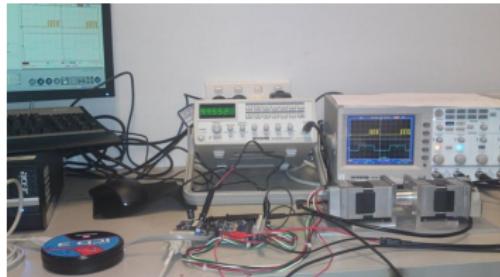


“FloatShield” — vzdušná levitácia loptičky.

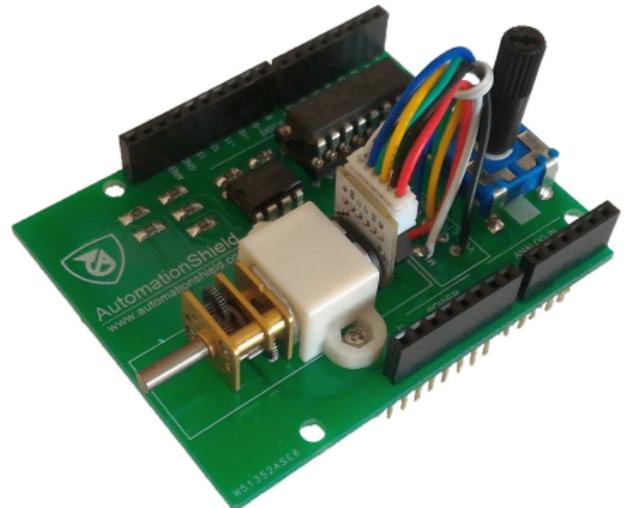
Súčasnosti:

c.f. Tashakori a kol. 2014; Wang a  
kol. 2017

AutomationShield



Štandardné laboratórne zostavy  
na riadenie motorov.



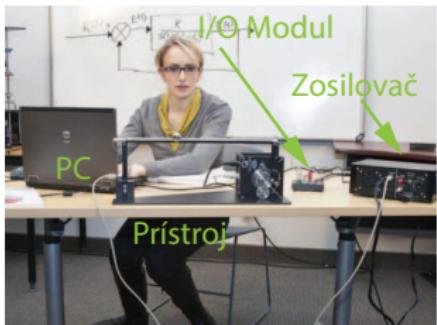
“MotoShield” — spätnoväzobný experiment  
na riadenie jednosmerných motorov.

Súčasnosti:  
c.f. Li a kol. 2017

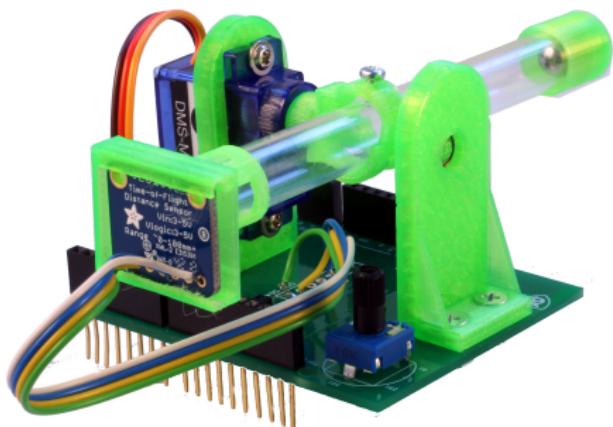
AutomationShield



Štandardná laboratórna zostava.



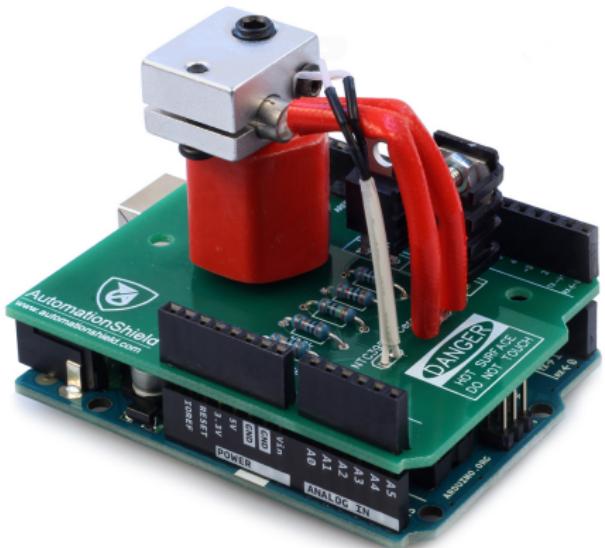
Komerčná zostava Quanser Ball and Beam.



“BOBShield” — experiment “gulôčka na tyči”.

# AutomationShield

Takács, Gulan a kol. 2019



“HeatShield” — spätnoväzobný experiment na riadenie teploty 3D tlačovej hlavy (~5 EUR).

# AutomationShield

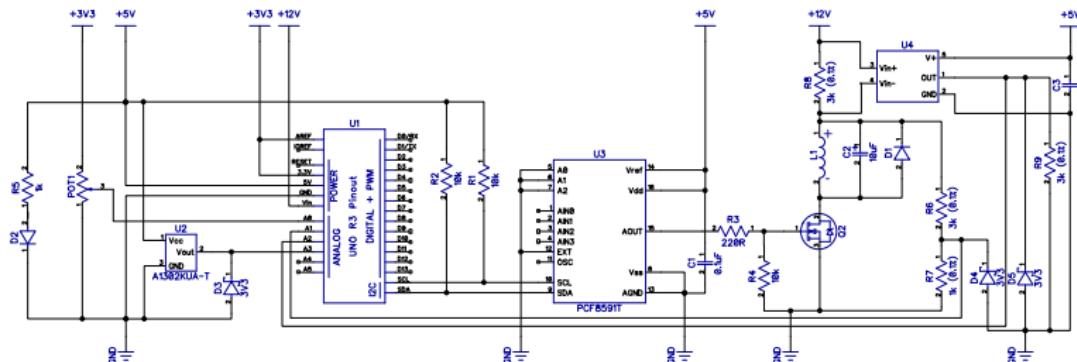
Takács, Konkoly a kol. 2019



“OptoShield” — optický spätnoväzobný experiment (~3 EUR).

Hardvér je plne otvorený na [automationshield.com](http://automationshield.com) môžete stiahnuť:

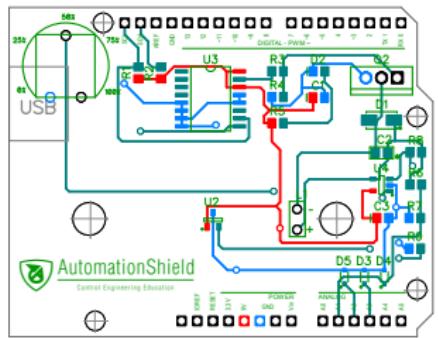
- schematické výkresy,
- dosky plošných spojov a súbory pre výrobu,
- 3D modely a súbory pre 3D tlač, a
- zoznam súčiastok.



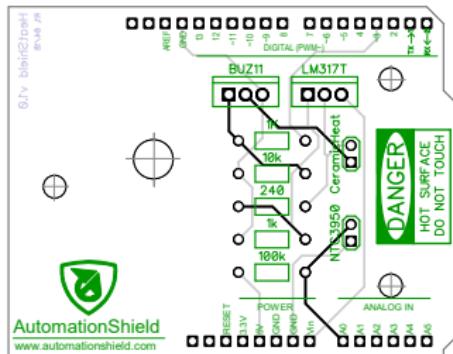
Elektronická schéma MagnetoShieldu (softvér DIP Trace).

Hardvér je plne otvorený na [automationshield.com](http://automationshield.com) môžete stiahnuť:

- schematické výkresy,
- dosky plošných spojov a súbory pre výrobu,
- 3D modely a súbory pre 3D tlač, a
- zoznam súčiastok.



DPS MagnetoShield.



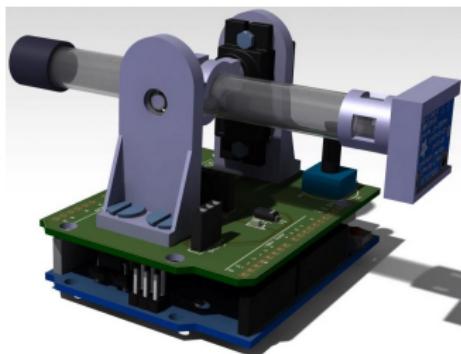
DPS HeatShield.

Hardvér je plne otvorený na [automationshield.com](http://automationshield.com) môžete stiahnuť:

- schematické výkresy,
- dosky plošných spojov a súbory pre výrobu,
- 3D modely a súbory pre 3D tlač, a
- zoznam súčiastok.



3D model — FloatShield.



3D model — BOBShield.

Hardvér je plne otvorený na [automationshield.com](http://automationshield.com) môžete stiahnuť:

- schematické výkresy,
- dosky plošných spojov a súbory pre výrobu,
- 3D modely a súbory pre 3D tlač, a
- zoznam súčiastok.

Part	Name	Type/Value/Note	PCS
Q1	Transistor	BUZ11, N-channel power MOSFET, 50V, TO-220, THT	1
U2	Voltage regulator	LM317T, adjustable positive linear voltage regulator, 1.2-37V, TO-220, THT	1
R1	Thermistor	NTC 3950, 100kΩ, rated 300°C with wiring	1
R2	Resistor	100kΩ, 1/4W ,THT	1
R3,R5	Resistor	1kΩ, 1/4W, THT	2
R4	Resistor	240kΩ, 1/4W, THT	1
-	Heat sink	for the voltage regulator, TO-220 package	1
-	Heating cartridge	24V, 30W, 20x6mm	1
-	Heating block	aluminum, 20x16x12mm	1

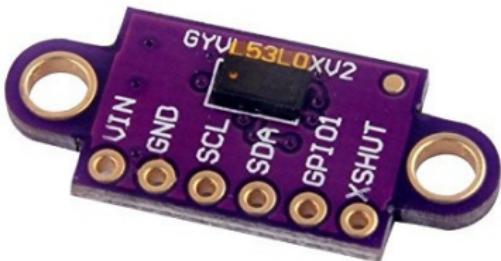
Časť zoznamu súčiastok pre HeatShield.

- Výrobná cena štítov je minimálna, sú dostupné pre každého
- Univerzálne dostupné súčiastky a hardvérové moduly
- Vlastné súčiastky sú 3D tlačené



Ceny vybraných modulov AutomationShield

- Výrobná cena štítov je minimálna, sú dostupné pre každého
- Univerzálne dostupné súčiastky a hardvérové moduly
- Vlastné súčiastky sú 3D tlačené



Komerčne dostupný, lacný laserový snímač.

Bezdotykové snímanie polohy (FloatShield).

- Výrobná cena štítov je minimálna, sú dostupné pre každého
- Univerzálne dostupné súčiastky a hardvérové moduly
- Vlastné súčiastky sú 3D tlačené

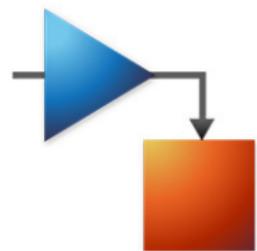
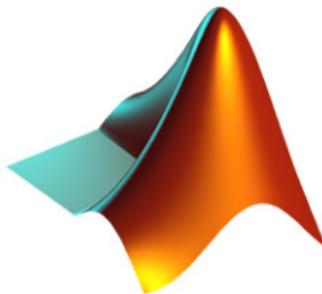


Model konzoly na uchytenie magnetu  
(MagnetoShield).

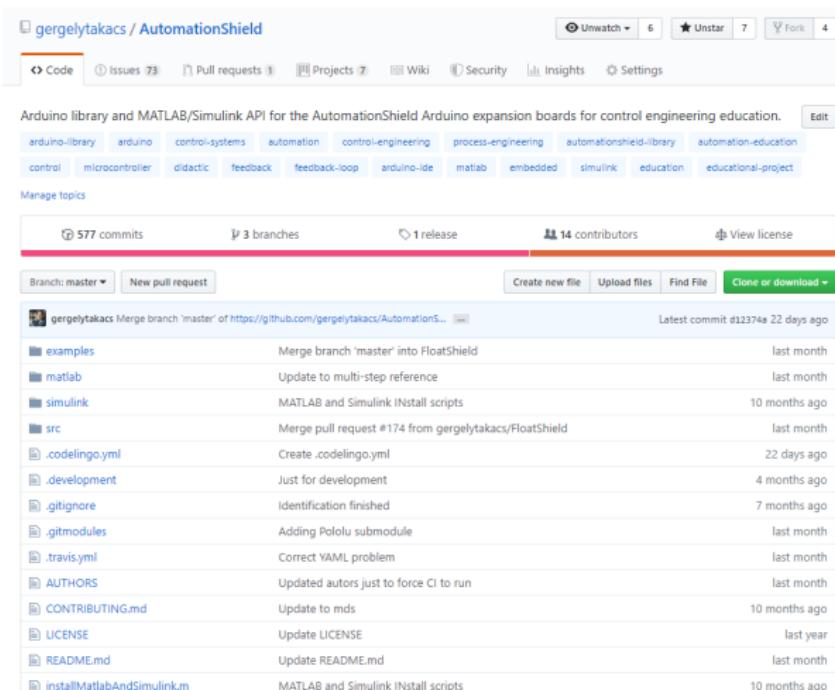


3D tlačená konzola na magnet  
(MagnetoShield).

- Programátorské rozhranie (API) pre Arduino, MATLAB a Simulink
- Otvorený zdrojový kód cez distribuovaný systém riadenia revízií Git
- Podpora a diskusia cez fóra (GitHub Issues), dokumentácia cez Wiki



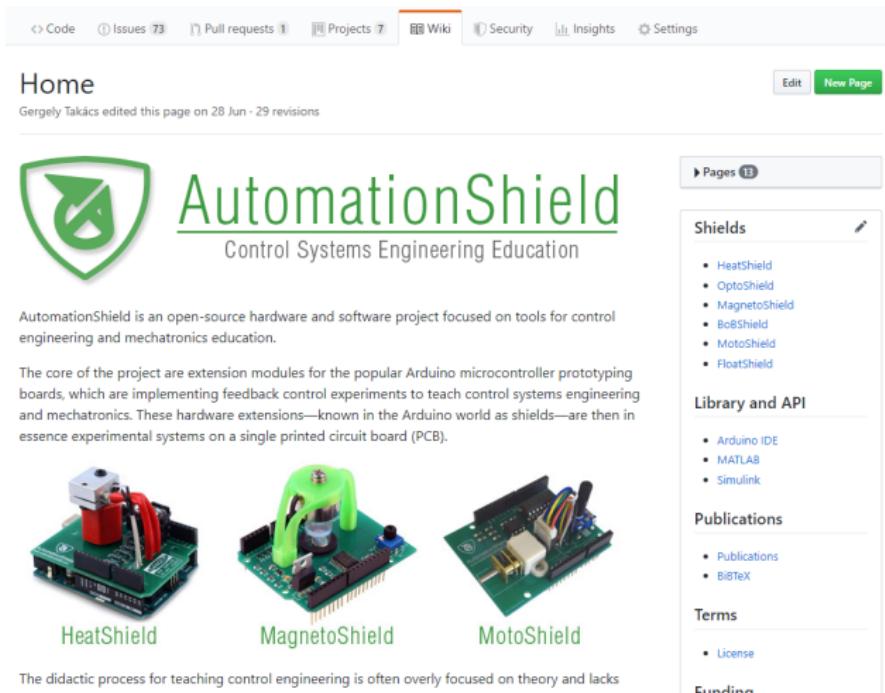
- Programátorské rozhranie (API) pre Arduino, MATLAB a Simulink
- Otvorený zdrojový kód cez distribuovaný systém riadenia revízií Git
- Podpora a diskusia cez fóra (GitHub Issues), dokumentácia cez Wiki



The screenshot shows the GitHub repository page for `gergelytakacs/AutomationShield`. The repository is described as "Arduino library and MATLAB/Simulink API for the AutomationShield Arduino expansion boards for control engineering education." It has 577 commits, 3 branches, 1 release, and 14 contributors. The repository is public and has a license. The master branch is selected. A list of recent commits is shown:

Commit	Message	Date
gergelytakacs Merge branch 'master' of https://github.com/gergelytakacs/AutomationS...	Merge branch 'master' into FloatShield	last month
matlab	Update to multi-step reference	last month
simulink	MATLAB and Simulink INstall scripts	10 months ago
src	Merge pull request #174 from gergelytakacs/FloatShield	last month
.codeining.yml	Create .codeining.yml	22 days ago
development	Just for development	4 months ago
.gitignore	Identification finished	7 months ago
.gitmodules	Adding Pololu submodule	last month
.travis.yml	Correct YAML problem	last month
AUTHORS	Updated autors just to force CI to run	last month
CONTRIBUTING.md	Update to mds	10 months ago
LICENSE	Update LICENSE	last year
README.md	Update README.md	last month
installMatlabAndSimulink.m	MATLAB and Simulink INstall scripts	10 months ago

- Programátorské rozhranie (API) pre Arduino, MATLAB a Simulink
- Otvorený zdrojový kód cez distribuovaný systém riadenia revízií Git
- Podpora a diskusia cez fóra (GitHub Issues), dokumentácia cez Wiki



The screenshot shows the GitHub repository homepage for 'AutomationShield'. At the top, there are navigation links for Code, Issues (73), Pull requests, Projects, Wiki (highlighted in orange), Security, Insights, and Settings. Below the header, the page title 'Home' is displayed, along with a note that 'Gergely Takács edited this page on 28 Jun · 29 revisions'. On the left, there's a shield logo with a green 'A' inside. The main content area features the project name 'AutomationShield' in large green letters, with the subtitle 'Control Systems Engineering Education' below it. To the right, there are sections for 'Pages (13)', 'Shields' (listing HeatShield, OptoShield, MagnetoShield, BoBShield, MotoShield, and FloatShield), 'Library and API' (listing Arduino IDE, MATLAB, and Simulink), 'Publications' (listing Publications and BiTeX), 'Terms' (listing License), and 'Funding'. At the bottom, there's a note about didactic focus and a link to an inauguration presentation.

Code Issues 73 Pull requests Projects Wiki Security Insights Settings

## Home

Gergely Takács edited this page on 28 Jun · 29 revisions

# AutomationShield

Control Systems Engineering Education

Pages (13)

### Shields

- HeatShield
- OptoShield
- MagnetoShield
- BoBShield
- MotoShield
- FloatShield

### Library and API

- Arduino IDE
- MATLAB
- Simulink

### Publications

- Publications
- BiTeX

### Terms

- License

### Funding

HeatShield      MagnetoShield      MotoShield

The didactic process for teaching control engineering is often overly focused on theory and lacks

Inauguračná prednáška

- Programátorské rozhranie zjednodušuje komunikáciu s hardvérom
- Užívateľ sa môže sústrediť na tvorenie algoritmov riadenia
- Využíva konzistentné pomenovanie metód pre rôzny hardvér a medzi Arduino a MATLAB

- Programátorské rozhranie zjednodušuje komunikáciu s hardvérom
- Užívateľ sa môže sústrediť na tvorenie algoritmov riadenia
- Využíva konzistentné pomenovanie metód pre rôzny hardvér a medzi Arduino a MATLAB

Zoberme si napríklad HeatShield. Na inicializáciu hardvéru voláme

```
1 HeatShield.begin();
```

- Programátorské rozhranie zjednodušuje komunikáciu s hardvérom
- Užívateľ sa môže sústrediť na tvorenie algoritmov riadenia
- Využíva konzistentné pomenovanie metód pre rôzny hardvér a medzi Arduino a MATLAB

Zoberme si napríklad HeatShield. Na inicializáciu hardvéru voláme

```
1 HeatShield.begin();
```

Načítanie teploty  $y_k$  v stupňoch Celzia zo snímača prebieha cez

```
1 y = HeatShield.sensorRead();
```

- Programátorské rozhranie zjednodušuje komunikáciu s hardvérom
- Užívateľ sa môže sústrediť na tvorenie algoritmov riadenia
- Využíva konzistentné pomenovanie metód pre rôzny hardvér a medzi Arduino a MATLAB

Zoberme si napríklad HeatShield. Na inicializáciu hardvéru voláme

```
1 HeatShield.begin();
```

Načítanie teploty  $y_k$  v stupňoch Celzia zo snímača prebieha cez

```
1 y = HeatShield.sensorRead();
```

Výkon  $u_k$  v percentách na vyhrievací člen posielame pomocou

```
1 HeatShield.actuatorWrite(u);
```

- Programátorské rozhranie zjednodušuje komunikáciu s hardvérom
- Užívateľ sa môže sústrediť na tvorenie algoritmov riadenia
- Využíva konzistentné pomenovanie metód pre rôzny hardvér a medzi Arduino a MATLAB

Zoberme si napríklad HeatShield. Na inicializáciu hardvéru voláme

```
1 HeatShield.begin();
```

Načítanie teploty  $y_k$  v stupňoch Celzia zo snímača prebieha cez

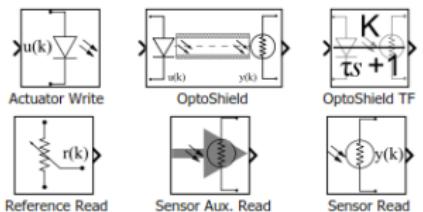
```
1 y = HeatShield.sensorRead();
```

Výkon  $u_k$  v percentách na vyhrievací člen posielame pomocou

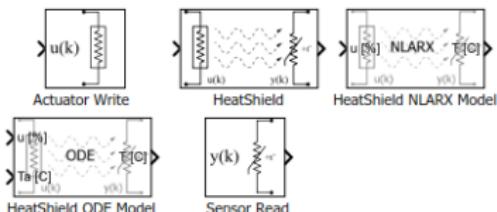
```
1 HeatShield.actuatorWrite(u);
```

... a takisto to funguje pre MATLAB. Knižnica AutomationShield obsahuje mnoho ďalších funkcií vrátane vzorkovania, PID riadenia, atď.

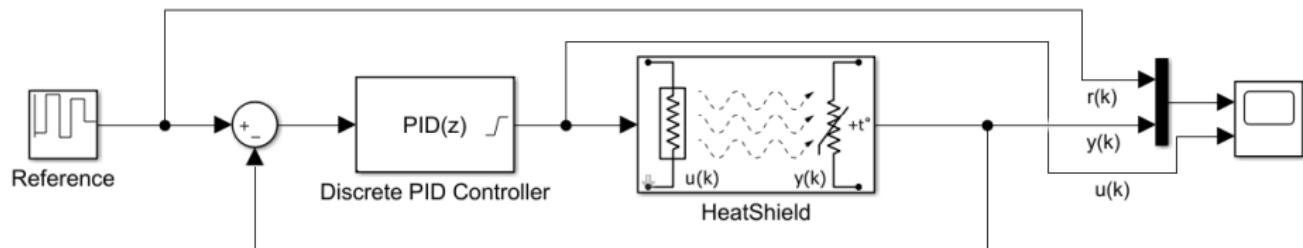
.....a takisto to funguje aj cez Simulink:



Simulink API pre OptoShield.



Simulink API pre HeatShield.



HeatShield PID riadenie v Simulink.

Ďalšie prostredia napr. cez Python sú v pláne...

- Súčasťou knižnice AutomationShield je aj bohatý učebný materiál
- Príklady na výučbu konceptov riadenia, modelovania a identifikácie sústav
- Dostupné pre rôzne platformy: Arduino, MATLAB, Simulink
- Umožňujú štúdium a praktické overenie širokého spektra metód a konceptov automatizácie:  
*tvorba a programovanie identifikačných experimentov, zber a vyhodnotenie dát, matematicko-fyzikálne modelovanie dynamických javov, identifikácia neznámych parametrov modelu, atď...*

```
realTimeViolation=true;
Serial.println("Real-time samples \n");
while(1);
}
enable=true;
}

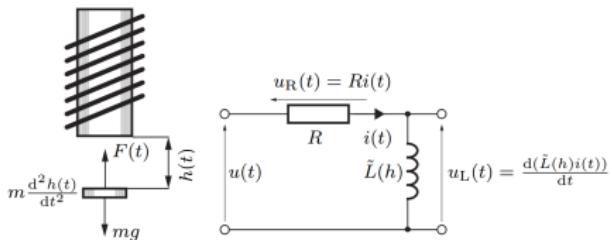
// A single algorithm step
void step(){

// Reference source
#ifndef MANUAL
r=AutomationShield.mapFloat(MagnetoSh
#else
if (i>sizeof(R)/sizeof(R[0])){
MagnetoShield.actuatorWrite(0);
while(1);
}
else if (k % (T*i) == 0){
r = R[i];
i++;
}
#endif

// Control algorithm
y = MagnetoShield.sensorRead();
u = PIDAbs.compute(-(r-y),0,12,0,20);
MagnetoShield.actuatorWrite(u);
```

Magnetická levitácia, PID riadenie  
(časť výpisu C/C++ zdroja).

- Súčasťou knižnice AutomationShield je aj bohatý učebný materiál
- Príklady na výučbu konceptov riadenia, modelovania a identifikácie sústav
- Dostupné pre rôzne platformy: Arduino, MATLAB, Simulink
- Umožňujú štúdium a praktické overenie širokého spektra metód a konceptov automatizácie:  
*tvorba a programovanie identifikačných experimentov, zber a vyhodnotenie dát, matematicko-fyzikálne modelovanie dynamických javov, identifikácia neznámych parametrov modelu, atď...*



**6. krok** Linearizácia okolo rovnovážnej polohy  
 $\Delta \mathbf{x}(t) = [\Delta h(t) \quad \Delta \dot{h}(t) \quad \Delta i(t)]^T$ .

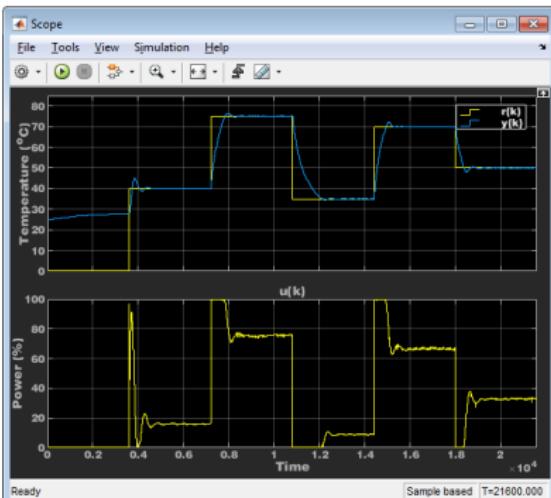
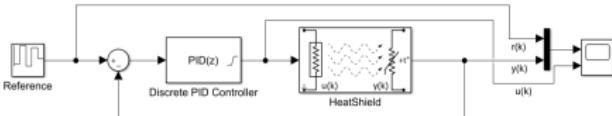
$$\begin{aligned}\Delta \dot{x}_1(t) &= \Delta x_2(t), \\ \Delta \dot{x}_2(t) &= \frac{2K}{m} \frac{x_{3(0)}^2}{x_{1(0)}^3} \Delta x_1(t) - \frac{2K}{m} \frac{x_{3(0)}}{x_{1(0)}^2} \Delta x_3(t), \\ \Delta \dot{x}_3(t) &= \frac{2Kx_{3(0)}}{Lx_{1(0)}^2} \Delta x_2 - \frac{1}{L} R \Delta x_3(t) + \frac{1}{L} \Delta u(t),\end{aligned}$$

**7. krok** Linearizovaný stavový model.

$$\Delta \dot{\mathbf{x}}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ \frac{2K}{m} \frac{x_{3(0)}^2(t)}{x_{1(0)}^3(t)} & 0 & -\frac{2K}{m} \frac{x_{3(0)}(t)}{x_{1(0)}^2(t)} \\ 0 & \frac{2Kx_{3(0)}(t)}{Lx_{1(0)}^2(t)} & -\frac{1}{L} R \end{bmatrix} \Delta \mathbf{x}(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} \Delta u(t)$$

**Matematicko-fyzikálna analýza**  
**(MagnetoShield, ilustračná ukážka).**

- Súčasťou knižnice AutomationShield je aj bohatý učebný materiál
- Príklady na výučbu konceptov riadenia, modelovania a identifikácie sústav
- Dostupné pre rôzne platformy: Arduino, MATLAB, Simulink
- Umožňujú štúdium a praktické overenie širokého spektra metód a konceptov automatizácie:  
*tvorba a programovanie identifikačných experimentov, zber a vyhodnotenie dát, matematicko-fyzikálne modelovanie dynamických javov, identifikácia neznámych parametrov modelu, atď...*

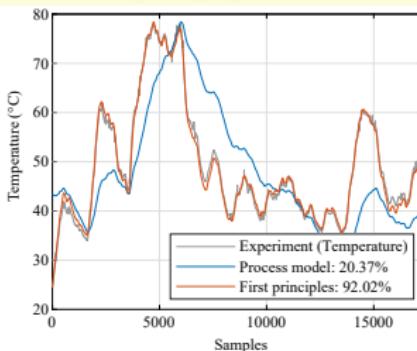


Riadenie teploty v Simulinku  
(HeatShield, ilustračná ukážka).

- Súčasťou knižnice AutomationShield je aj bohatý učebný materiál
- Príklady na výučbu konceptov riadenia, modelovania a identifikácie sústav
- Dostupné pre rôzne platformy: Arduino, MATLAB, Simulink
- Umožňujú štúdium a praktické overenie širokého spektra metód a konceptov automatizácie:  
*tvorba a programovanie identifikačných experimentov, zber a vyhodnotenie dát, matematicko-fyzikálne modelovanie dynamických javov, identifikácia neznámych parametrov modelu, atď...*

```
% Model structure
FileName      = 'HeatShield_ODE';
Order         = [1 1 1];
Parameters    = {alpha,beta,gamma,Ta};
InitialStates = Ta;
Ts            = 0;
nlgr = idnlgrey(FileName, Order, Parameters, In:
                 'Name', 'Printer Head');
model = setinit(nlgr, 'Fixed', true);

% Identify model
opt = nlgreyestOptions('Display', 'on', 'Estimate'
opt.SearchOptions.MaxIterations = 50;
model = nlgreyest(data, nlgr, opt);
compare(data, model);
save HeatShield_Models_Greybox.mat model
```



Identifikácia nelineárneho modelu  
(HeatShield, ilustračná ukážka).

- AutomationShield je open-source projekt na tvorbu miniaturizovaných experimentálnych prístrojov spätnoväzobného riadenia.
- Poskytuje plne otvorený hardvér, softvér a príklady pre riadenie a identifikáciu. Potenciál pre mechatroniku, spracovanie signálov, atď.
- Od r. 2018 už 6 nových prístrojov (+3 vo vývoji), aj v spolupráci so študentmi SjF STU. V súčasnosti 2 publikácie, ďalšie 2 v príprave.

## Pomôcky v súčasnosti

- Drahé
- Veľké
- Iba v laboratóriu
- Uzavretý, hardvér
- Uzavretý, komerčný softvér
- Daný návrh HW/SW a príklady
- Poslucháč je pasívny užívateľ'

## AutomationShield

- Lacné
- Malé
- Experimenty aj doma
- Otvorený hardvér
- Otvorený softvér a zdroje
- Kolaboratívne zlepšenie
- Poslucháč zapojený do vývoja

- AutomationShield je open-source projekt na tvorbu miniaturizovaných experimentálnych prístrojov spätnoväzobného riadenia.
- Poskytuje plne otvorený hardvér, softvér a príklady pre riadenie a identifikáciu. Potenciál pre mechatroniku, spracovanie signálov, atď.
- Od r. 2018 už 6 nových prístrojov (+3 vo vývoji), aj v spolupráci so študentmi SjF STU. V súčasnosti 2 publikácie, ďalšie 2 v príprave.

## Pomôcky v súčasnosti

- Drahé
- Veľké
- Iba v laboratóriu
- Uzavretý, hardvér
- Uzavretý, komerčný softvér
- Daný návrh HW/SW a príklady
- Poslucháč je pasívny užívateľ'

## AutomationShield

- Lacné
- Malé
- Experimenty aj doma
- Otvorený hardvér
- Otvorený softvér a zdroje
- Kolaboratívne zlepšenie
- Poslucháč zapojený do vývoja

- AutomationShield je open-source projekt na tvorbu miniaturizovaných experimentálnych prístrojov spätnoväzobného riadenia.
- Poskytuje plne otvorený hardvér, softvér a príklady pre riadenie a identifikáciu. Potenciál pre mechatroniku, spracovanie signálov, atď.
- Od r. 2018 už 6 nových prístrojov (+3 vo vývoji), aj v spolupráci so študentmi SjF STU. V súčasnosti 2 publikácie, ďalšie 2 v príprave.

## Pomôcky v súčasnosti

- Drahé
- Veľké
- Iba v laboratóriu
- Uzavretý, hardvér
- Uzavretý, komerčný softvér
- Daný návrh HW/SW a príklady
- Poslucháč je pasívny užívateľ'

## AutomationShield

- Lacné
- Malé
- Experimenty aj doma
- Otvorený hardvér
- Otvorený softvér a zdroje
- Kolaboratívne zlepšenie
- Poslucháč zapojený do vývoja

- AutomationShield je open-source projekt na tvorbu miniaturizovaných experimentálnych prístrojov spätnoväzobného riadenia.
- Poskytuje plne otvorený hardvér, softvér a príklady pre riadenie a identifikáciu. Potenciál pre mechatroniku, spracovanie signálov, atď.
- Od r. 2018 už 6 nových prístrojov (+3 vo vývoji), aj v spolupráci so študentmi SjF STU. V súčasnosti 2 publikácie, ďalšie 2 v príprave.

## Pomôcky v súčasnosti

- Drahé
- Veľké
- Iba v laboratóriu
- Uzavretý, hardvér
- Uzavretý, komerčný softvér
- Daný návrh HW/SW a príklady
- Poslucháč je pasívny užívateľ'

## AutomationShield

- Lacné
- Malé
- Experimenty aj doma
- Otvorený hardvér
- Otvorený softvér a zdroje
- Kolaboratívne zlepšenie
- Poslucháč zapojený do vývoja

- AutomationShield je open-source projekt na tvorbu miniaturizovaných experimentálnych prístrojov spätnoväzobného riadenia.
- Poskytuje plne otvorený hardvér, softvér a príklady pre riadenie a identifikáciu. Potenciál pre mechatroniku, spracovanie signálov, atď.
- Od r. 2018 už 6 nových prístrojov (+3 vo vývoji), aj v spolupráci so študentmi SjF STU. V súčasnosti 2 publikácie, ďalšie 2 v príprave.

## Pomôcky v súčasnosti

- Drahé
- Veľké
- Iba v laboratóriu
- Uzavretý, hardvér
- Uzavretý, komerčný softvér
- Daný návrh HW/SW a príklady
- Poslucháč je pasívny užívateľ'

## AutomationShield

- Lacné
- Malé
- Experimenty aj doma
- Otvorený hardvér
- Otvorený softvér a zdroje
- Kolaboratívne zlepšenie
- Poslucháč zapojený do vývoja

- AutomationShield je open-source projekt na tvorbu miniaturizovaných experimentálnych prístrojov spätnoväzobného riadenia.
- Poskytuje plne otvorený hardvér, softvér a príklady pre riadenie a identifikáciu. Potenciál pre mechatroniku, spracovanie signálov, atď.
- Od r. 2018 už 6 nových prístrojov (+3 vo vývoji), aj v spolupráci so študentmi SjF STU. V súčasnosti 2 publikácie, ďalšie 2 v príprave.

## Pomôcky v súčasnosti

- Drahé
- Veľké
- Iba v laboratóriu
- Uzavretý, hardvér
- Uzavretý, komerčný softvér
- Daný návrh HW/SW a príklady
- Poslucháč je pasívny užívateľ'

## AutomationShield

- Lacné
- Malé
- Experimenty aj doma
- Otvorený hardvér
- Otvorený softvér a zdroje
- Kolaboratívne zlepšenie
- Poslucháč zapojený do vývoja

- AutomationShield je open-source projekt na tvorbu miniaturizovaných experimentálnych prístrojov spätnoväzobného riadenia.
- Poskytuje plne otvorený hardvér, softvér a príklady pre riadenie a identifikáciu. Potenciál pre mechatroniku, spracovanie signálov, atď.
- Od r. 2018 už 6 nových prístrojov (+3 vo vývoji), aj v spolupráci so študentmi SjF STU. V súčasnosti 2 publikácie, ďalšie 2 v príprave.

## Pomôcky v súčasnosti

- Drahé
- Veľké
- Iba v laboratóriu
- Uzavretý, hardvér
- Uzavretý, komerčný softvér
- Daný návrh HW/SW a príklady
- Poslucháč je pasívny užívateľ

## AutomationShield

- Lacné
- Malé
- Experimenty aj doma
- Otvorený hardvér
- Otvorený softvér a zdroje
- Kolaboratívne zlepšenie
- Poslucháč zapojený do vývoja

- AutomationShield je open-source projekt na tvorbu miniaturizovaných experimentálnych prístrojov spätnoväzobného riadenia.
- Poskytuje plne otvorený hardvér, softvér a príklady pre riadenie a identifikáciu. Potenciál pre mechatroniku, spracovanie signálov, atď.
- Od r. 2018 už 6 nových prístrojov (+3 vo vývoji), aj v spolupráci so študentmi SjF STU. V súčasnosti 2 publikácie, ďalšie 2 v príprave.

## Pomôcky v súčasnosti

- Drahé
- Veľké
- Iba v laboratóriu
- Uzavretý, hardvér
- Uzavretý, komerčný softvér
- Daný návrh HW/SW a príklady
- Poslucháč je pasívny užívateľ

## AutomationShield

- Lacné
- Malé
- Experimenty aj doma
- Otvorený hardvér
- Otvorený softvér a zdroje
- Kolaboratívne zlepšenie
- Poslucháč zapojený do vývoja

- AutomationShield je open-source projekt na tvorbu miniaturizovaných experimentálnych prístrojov spätnoväzobného riadenia.
- Poskytuje plne otvorený hardvér, softvér a príklady pre riadenie a identifikáciu. Potenciál pre mechatroniku, spracovanie signálov, atď.
- Od r. 2018 už 6 nových prístrojov (+3 vo vývoji), aj v spolupráci so študentmi SjF STU. V súčasnosti 2 publikácie, ďalšie 2 v príprave.

## Pomôcky v súčasnosti

- Drahé
- Veľké
- Iba v laboratóriu
- Uzavretý, hardvér
- Uzavretý, komerčný softvér
- Daný návrh HW/SW a príklady
- Poslucháč je pasívny užívateľ

## AutomationShield

- Lacné
- Malé
- Experimenty aj doma
- Otvorený hardvér
- Otvorený softvér a zdroje
- Kolaboratívne zlepšenie
- Poslucháč zapojený do vývoja

- AutomationShield je open-source projekt na tvorbu miniaturizovaných experimentálnych prístrojov spätnoväzobného riadenia.
- Poskytuje plne otvorený hardvér, softvér a príklady pre riadenie a identifikáciu. Potenciál pre mechatroniku, spracovanie signálov, atď.
- Od r. 2018 už 6 nových prístrojov (+3 vo vývoji), aj v spolupráci so študentmi SjF STU. V súčasnosti 2 publikácie, ďalšie 2 v príprave.

## Pomôcky v súčasnosti

- Drahé
- Veľké
- Iba v laboratóriu
- Uzavretý, hardvér
- Uzavretý, komerčný softvér
- Daný návrh HW/SW a príklady
- Poslucháč je pasívny užívateľ

## AutomationShield

- Lacné
- Malé
- Experimenty aj doma
- Otvorený hardvér
- Otvorený softvér a zdroje
- Kolaboratívne zlepšenie
- Poslucháč zapojený do vývoja

Ďakujem za Vašu pozornosť.

Môžete ma kontaktovať hocikedy na adresе  
[gergely.takacs@stuba.sk](mailto:gergely.takacs@stuba.sk)



Robin T. Bye a Ottar L. Osen. "On the Development of Laboratory Projects in Modern Engineering Education". In: *Proceedings of the IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. Apr. 2019, s. 1327–1334.



G.Takács a kol. "MagnetoShield: A Low-Cost Open Source Magnetic Levitator For Control Education". In: *Mechatronics* (2020). [Článok je v príprave.]



A. Garrigós a kol. "Designing Arduino electronic shields: Experiences from secondary and university courses". In: *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. Apr. 2017, s. 934–937.



E. Chołodowicz a P. Orłowski. "Low-cost air levitation laboratory stand using MATLAB/Simulink and Arduino". In: *Pomiary Automatyka Robotyka* 4.21 (2017), s. 33–39.

-  M. Kalúz, Ľ. Čirka a M. Fikar. "Flexy: An Open-source Device for Control Education". In: *13th APC International Conference on Automatic Control and Soft Computing*. Ed. A. Cardoso. APC. Univesrity of the Azores, Ponta Delgada, Portugal: Nova Gráfica, jún 2018, s. 37–42.
-  T. Konkoly. "Experimentálne moduly pre výučbu automatizácie". Bakalárská práca, vedúci práce: G. Takács, SjF-13432-81384. Dipl. pr. Bratislava, Slovensko: Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, 2018.
-  J. Li a kol. "On the Necessity, Scheme, and Basis of the Linear–Nonlinear Switching in Active Disturbance Rejection Control". In: *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 64.2 (feb. 2017), s. 1425–1435.
-  Jakub Mihalík. "Miniaturизация эксперимента ‘магнитная левитация’". Bakalárská práca, vedúci práce: G. Takács, SjF-13432-81742. Dipl. pr. Bratislava, Slovensko: Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, 2018.
-  Bob O'Donnell. "Your average car is a lot more code-driven than you think". In: *USA Today* (jún 2016).



Sang-Young Oh a Ho-Lim Choi. "Robust observer-based output feedback controller for nonlinear systems with uncertain triangular and nontriangular nonlinearities and diagonal terms". In: *International Journal of Robust and Nonlinear Control* 29.4 (2019), s. 1182–1200.



Hanafy M. Omar. "Enhancing automatic control learning through Arduino-based projects". In: *European Journal of Engineering Education* 43.5 (2018), s. 652–663.



Juraj Oravec a kol. "Improvements of Educational Process of Automation and Optimization Using 2D Plotter". In: *IFAC-PapersOnLine* 49.6 (2016). 11th IFAC Symposium on Advances in Control Education ACE 2016, s. 16–21.



G. Takács, M. Gulan a kol. "HeatShield: a low-cost didactic device for control education simulating 3D printer heater blocks". In: *Proceedings of the 2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. Dubai, United Arab Emirates, apr. 2019, s. 374–383.

-  G. Takács, Peter Chmurčiak a kol. "FloatShield: An Open Source Air Levitation Device for Control Engineering Education". In: *Proceedings of the 21st IFAC World Congress*. [Článok je v príprave.] Berlin, Germany, júl 2020.
-  G. Takács, T. Konkoly a M. Gulan. "OptoShield: A Low-Cost Tool for Control and Mechatronics Education". In: *Proceedings of the 12th Asian Control Conference (ASCC2019)*. Kitakyushu-shi, Japan, jún 2019, s. 1001–1006.
-  A. Tashakori a M. Ektesabi. "Position Sensors Fault Tolerant Control System in BLDC Motors". In: *Engineering Letters* 22.1 (feb. 2014), s. 1–8.
-  Ismail Uyanik a Bahadir Catalbas. "A low-cost feedback control systems laboratory setup via Arduino–Simulink interface". In: *Computer Applications in Engineering Education* 26.3 (máj 2018), s. 718–726.
-  N. Wang a kol. "Design of a New Mobile-Optimized Remote Laboratory Application Architecture for M-Learning". In: *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 64.3 (mar. 2017), s. 2382–2391.